

KARAKTERISTIK BIOKOMPOSIT SERAT KELAPA BERPENGUAT *UNSATURATED POLYESTER RESIN* DENGAN PENAMBAHAN GUGUS SILANE

Putri Andi Marcella¹, Putri Nadya Fahmy², Farid Mulana³, Nasrullah RCL⁴
^{1,2,3,4} Universitas Syiah Kuala, Indonesia
E-mail: farid.mulana@usk.ac.id

Abstract: Natural fibers are an alternative to synthetic materials that can be used as fillers in biocomposites due to their inherent biodegradability so it has the potential to be put to good use. In this study, biocomposites were made using raw materials from natural waste, namely coconut fibers. These fibers are combined with unsaturated polyester resin. The addition of these functional groups can be done using a coupling agent, which is useful for strengthening the bond between the matrix and filler. The coconut fiber treatment process involved applying silane at various concentrations, directly to the fibers or the unsaturated polyester resin, using different methods to optimize adhesion. The samples will be analyzed using Fourier Transform Infra-Red (FTIR) to determine their functional groups and physical properties analysis using predetermined standards. The addition of a silane coupling agent strengthens the composite fiber-matrix interaction, as indicated by the appearance of new peaks in the FTIR spectra. Furthermore, the results demonstrate that its inclusion can increase the density of composites across various treatments.

Keywords: Biocomposite, Coconut Fiber, Silane Coupling Agent, Polyester.

Abstrak: Serat alam merupakan bahan alternatif pengganti bahan sintesis yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada biokomposit dimana serat alam memiliki sifat biodegradabilitas sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan dengan baik. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biokomposit dengan memanfaatkan bahan baku dari limbah alam yaitu serat kelapa. Resin sebagai matriks yang digunakan adalah resin sintetik yaitu *unsaturated polyester resin*. Penambahan gugus fungsi dari jenis *silane coupling agent* berguna untuk menguatkan ikatan antar matriks dan *filler*. Pada proses *treatment* serat kelapa, dilakukan *silane treatment* pada berbagai konsentrasi serta metode pengaplikasian *silane* terhadap serat kelapa saja maupun terhadap *unsaturated polyester resin*. Sampel biokomposit dianalisa dengan menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsinya serta analisa sifat fisik menggunakan standar yang telah ditentukan. Penambahan coupling agent menjadikan interaksi serat-matriks biokomposit yang lebih kuat, yang ditandai dengan munculnya puncak baru pada spektra FTIR. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan silane coupling agent dapat meningkatkan densitas komposit pada berbagai perlakuan.

Kata kunci: Biokomposit, Serat Alam, Serat Kelapa, *Silane Coupling Agent*, Polyester.

Copyright (c) 2024 The Authors. This is an open-access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

PENDAHULUAN

Pada era modern ini, isu terkait lingkungan telah terjadi secara global dan dapat dirasakan dampaknya. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya suhu bumi, perubahan iklim, dan pencemaran lingkungan. Isu-isu ini menuntut pengembangan material baru yang ramah lingkungan dan memenuhi syarat kekuatan sebagai material desain. Kini,

material logam maupun sintetis terus mendominasi diantara material yang digunakan dalam bidang manufaktur, otomotif, pertahanan, sektor pengemasan, dan konstruksi. Namun akhir-akhir ini penggunaan bahan logam dan bahan sintetis lainnya mulai berkurang, sehingga digantikan dengan bahan yang menghasilkan senyawa alami yang lebih baik, ramah lingkungan, lebih ekonomis, ketersediaan serat melimpah, tidak mudah korosi, dan *biodegradable* (Nisa dkk., 2022).

Indonesia merupakan negara kaya penghasil kelapa. Indonesia merupakan negara kaya penghasil kelapa. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan (2023), pada tahun 2023 luas area tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3.323.232 Ha dengan total produksi sekitar 2.886.338 ton. Besarnya produksi kelapa dalam jumlah banyak akan mengakibatkan banyaknya limbah kelapa yang dihasilkan pula, seratnya dapat diambil untuk dimanfaatkan kembali menjadi pengganti material sintetis pada pembuatan biokomposit. Biokomposit yang terbuat dari *biofiber* alami bersifat terbarukan, ringan, energik, dapat terurai secara hayati, dan ramah lingkungan. Saat ini, dapat dikatakan bahwa ilmu dan teknologi polimer difokuskan pada biokomposit yang terbuat dari sumber terbarukan. Oleh karena itu biokomposit yang dihasilkan dari sumber terbarukan telah mendapatkan kepentingan universal karena sifatnya yang dapat terurai secara hayati.

Limbah kelapa merupakan bahan organik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Namun, jika tidak dikelola dengan baik, limbah kelapa dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan. Hasil penelitian dari Haq dkk (2022), menyatakan bahwa serat sabut kelapa lebih baik dalam penggunaan bahan baku biokomposit dikarenakan serat sabut kelapa memiliki kandungan kimia dari selulosa yang dapat meningkatkan kekuatan ikatan antara matriks, dengan kandungan-kandungan ini serat kelapa memiliki kekuatan tarik dan kelenturan lebih besar dibandingkan dengan serat alami lainnya. Penggunaan serat alami juga berkaitan dengan nilai ekonomi dari suatu material, *renewable*, dapat terdegradasi, dan *eco-friendly*. Komponen yang paling penting dalam pembuatan suatu produk adalah serat karena serat menentukan karakteristik mekanis dari produk, termasuk elastisitas, ketangguhan, dan kekuatannya (Arsyad dan Abdul, 2017).

Kualitas ikatan pada biokomposit ini dapat diperbaiki dengan cara penambahan dari *silane coupling agent (SCA)*. SCA sering dimanfaatkan untuk memperkuat hubungan antara penguat dan matriks *carbon*, yang mana SCA efektif dalam memodifikasi permukaan serat karbon. *Silane Coupling Agent* secara langsung dapat mengubah

interaksi antara *fiber* dan matriks dengan meningkatkan kompatibilitasnya terhadap matriks polimer. Didapatkan juga pengaruh bahan pengikat *silane coupling agent* ini pada sifat mekanik biokomposit, seperti gaya tarik, lentur dan kekuatan tumbukan (Cheng dkk., 2023). *Silane coupling agent* bekerja sebagai zat pengikat antara serat alam dan matriks. Dimana zat ini akan membuat gugus hidroksil berkurang di antarmuka serat dan matriks (Ginting dan Reka, 2021). *Silane coupling agent* membantu memperbaiki ikatan antar serat alam dan matrik polimer sehingga permukaan serat menjadi *hydrophobic* yang berakibat daya rekat keduanya lebih kuat, proses ini disebut sebagai *silane treatment*

Adapun bahan penguat yang digunakan yaitu *unsaturated polyester resin* yang biasanya digunakan untuk pembuatan bahan biokomposit agar memberikan kinerja lebih tinggi pada saat pengikatan matriks *unsaturated polyester resin* diterapkan secara luas di bidang konstruksi, industri kimia, transportasi, kedirgantaraan dan sebagainya (Umari, 2020). *Unsaturated polyester resin* termasuk jenis matriks polimer dimana ikatannya akan terbentuk jika dibantu oleh panas, katalis atau gabungannya dan sering digunakan terutama dalam pembuatan biokomposit modern. Adapun beberapa karakteristik *unsaturated polyester resin*, yaitu tahan air, fleksibel, transparan, dapat diwarnai, tahan kimia, dan tahan terhadap cuaca ekstrim (Fikran dkk., 2022). *Unsaturated polyester resin* memiliki keunggulan karena mudah dicampur dengan serat dan memiliki stabilitas dimensi yang baik, tahan panas, mengurangi penyerapan air, dapat digabungkan ke semua bahan sebagai penguatan dan mudah pembuatannya (Gao dkk., 2019).

Evaluasi dari penggunaan *silane treatment* biasanya hanya berfokus pada banyaknya atau konsentrasi silane yang digunakan tanpa memperhatikan bagaimana metode pengaplikasian zat tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini ingin diketahui pengaruh dari variasi konsentrasi yang ingin didapatkan hasil terbaik dan metode pengaplikasian silane terhadap serat kelapa dan *unsaturated polyester resin*. Metode yang digunakan dalam pembuatan material biokomposit yaitu *press molding method* dengan menggunakan cetakan serat kelapa dan *unsaturated polyester resin* tersebut digunakan sebagai *fiber* dalam pembuatan biokomposit dan dievaluasi kinerjanya berdasarkan sifat fisika dan gugus fungsinya.

METODE

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan, yaitu serat kelapa (ukuran terlewat 60 dan tertahan 80 mesh), *glazing wax*, *Unsaturated Polyester Resin* (UPR),

aquades, Sodium Hidroksida, *methyl ethyl ketone peroxide* (MEKP), asam asetat, dan *Vinyltrimethoxysilane*.

Pada proses biokomposit ini, serat kelapa yang akan digunakan dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah proses pengeringan, serat kelapa diayak dengan ayakan 60 dan 80 mesh (Onuoha dkk., 2017). Adapun rancangan variable penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Rancangan Variabel Penelitian Serat Kelapa *Treated*

Sampel	<i>Unsaturated Polyester Resin</i> (%) wt	Serat Kelapa (%) wt	Konsentrasi <i>Silane</i> (%) wt
A1	90	5	0
A2	90	5	3
A3	90	5	5
A4	90	5	7
A5	90	5	10

Tabel 2. Rancangan Variabel Penelitian Serat Kelapa *Untreated*

Sampel	<i>Unsaturated Polyester Resin</i> (%) wt	Serat Kelapa (%) wt	Konsentrasi <i>Silane</i> (%) wt
B0	100	0	0
B1	90	5	0
B2	90	5	3
B3	90	5	5
B4	90	5	7
B5	90	5	10

Alkali dan Silane Treatment Serat Kelapa

Pada prosedur *alkali treatment*, serat kelapa terlebih dahulu direndam dalam larutan Sodium hidroksida 5% selama 6 jam, dilanjutkan dengan proses pencucian dengan aquades. Serat kelapa yang telah diberikan *alkali treatment* dilanjutkan dengan proses *silane treatment*. *Silane treatment* dilakukan dengan merendam serat kelapa di dalam larutan *silane* selama 1 jam (Brum da Silva dkk., 2019) yang telah ditambahkan asam asetat untuk mengatur pH larutan *silane* agar tetap dalam kondisi asam, kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan pada suhu ruang. Pada penelitian ini, menggunakan dua metode pengaplikasian biokomposit pada *filler* (serat kelapa), yaitu serat kelapa *untreated silane* dan serat kelapa *treated silane*. Perlakuan kedua metode tersebut sama, hanya saja serat kelapa *untreated silane*, diberi perlakuan *silane treatment* setelah terbentuk biokomposit.

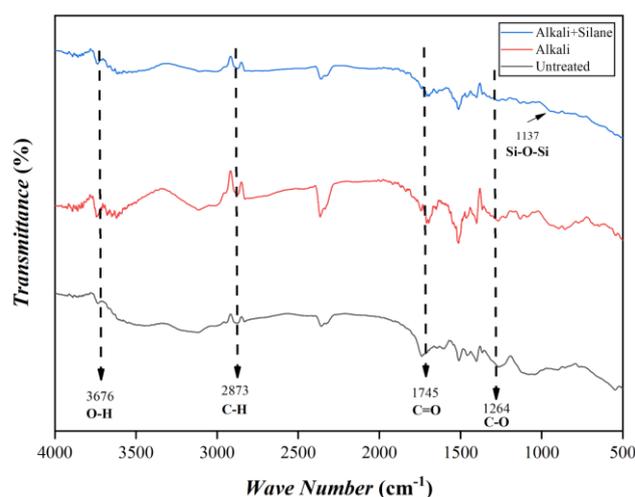
Pada penelitian ini pembuatan biokomposit dilakukan dengan metode *compression molding* dengan menggunakan cetakan berbahan *stainless* berukuran 20 x 10 x 0,5 cm. Pada metode ini, cetakan disiapkan terlebih dahulu kemudian cetakan dilapisi dengan *glazing wax*. Resin *polyester* dicampur dengan MEKP sebagai katalis. Kemudian campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang telah disusun dengan serat kelapa dan dikempa dengan menggunakan alat *press*. Tekanan yang digunakan sebesar 250 bar dengan waktu *curing* selama 24 jam.

Analisa dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR. Data hasil penelitian diolah menggunakan metode analisis deskriptif dengan cara menggambarkan data hasil penelitian yang diperoleh dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa FTIR Terhadap Serat Kelapa *Treated* dan *Untreated*

Penggunaan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk menganalisa gugus fungsional dari serat kelapa, resin, dan interfase antara serat kelapa dan resin (Purwanto dkk., 2021). Dalam penelitian yang dilakukan ada serat kelapa yang dipakai tanpa dilakukan *treatment* dan dilakukan *treatment*. Tiga sampel yang dilakukan pengujian yaitu serat kelapa tanpa perlakuan apapun, serat kelapa yang diberikan alkali *treatment* dan serat kelapa diberikan alkali *treatment* dan silane *treatment*. Hasil pengujian dari sampel tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil analisa FTIR dari ketiga sampel pada berbagai kondisi

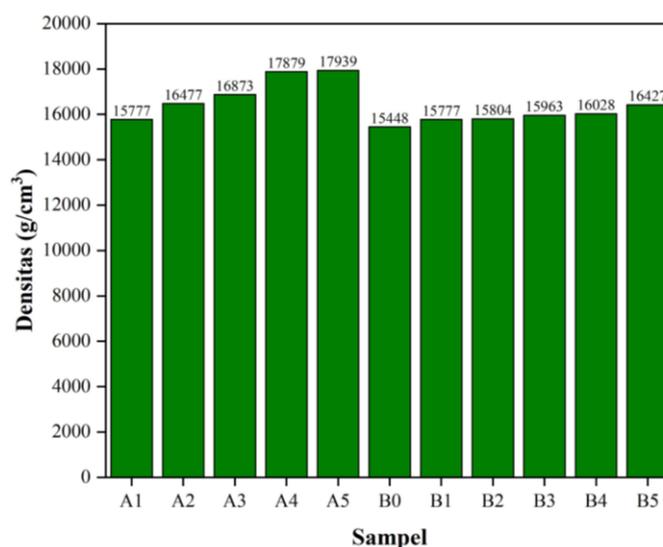
Pada Gambar 1 Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan coupling agent dapat meningkatkan interaksi serat-matrik biokomposit, yang ditandai dengan munculnya puncak baru pada spektra FTIR. Gambar tersebut menunjukkan adanya

perbedaan antara ketiga puncak yaitu pada sampel serat kelapa *treated* dan *untreated*. Spektrum pada bilangan gelombang 3676 cm^{-1} merupakan gugus O-H. Bilangan gelombang 2873 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus C-H (gugus alifatik). Spektrum pada bilangan gelombang 1745 cm^{-1} merupakan gugus C=O yang sering ditemukan pada hemiselulosa dari gugus asetil. Spektrum pada bilangan gelombang 1264 cm^{-1} terdapat gugus C-O (gugus asetil lignin), serta Si-O-Si (adanya gugus silane) pada serat. FTIR spektroskopi merupakan teknik yang sangat bermanfaat untuk analisis biokomposit. Teknik ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis serat, jenis matrik, dan interaksi serat-matrik dalam biokomposit (Suparjon dkk., 2023).

Pengaruh *Coupling Agent* terhadap Densitas dan *Thickness Swelling* Biokomposit

1. Densitas Biokomposit

Densitas dapat mengidentifikasi dan mengukur karakteristik zat yaitu dengan menghitung berat benda, mengukur kepadatan benda, dan lainnya (Hartono, 2018). Adapun pengaruh *coupling agent* terhadap densitas pada biokomposit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh *Coupling Agent* pada berbagai sampel biokomposit terhadap densitas

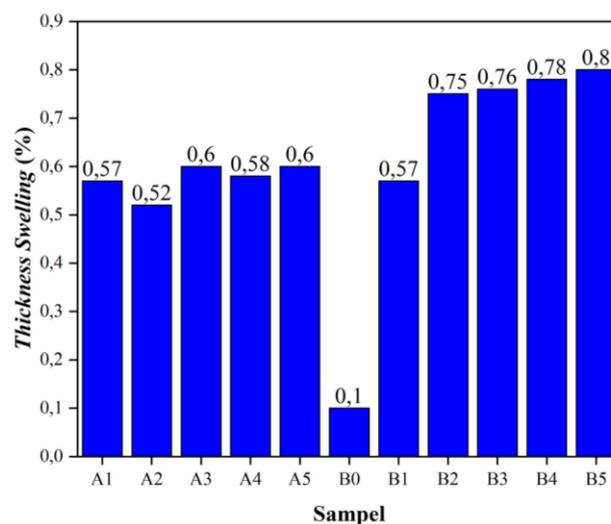
Gambar 2 menunjukkan pengaruh penambahan *coupling agent* terhadap densitas biokomposit yang terdiri dari beberapa sampel dengan 3 jenis perlakuan yaitu hanya resin saja, serat kelapa dan resin *treated* dan serat kelapa dan resin *untreated*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *silane coupling agent* dapat meningkatkan densitas biokomposit pada berbagai perlakuan.

Diketahui bahwa terjadi kenaikan nilai densitas biokomposit yang disebabkan oleh perubahan komposisi material, pengeringan, atau pemadatan. Pada sampel B0-SK1 diperoleh nilai densitas biokomposit sebesar 15448 g/cm^3 , sedangkan pada sampel biokomposit B5-SK0 dan A5-SK1 diperoleh nilai densitas sebesar 16426 dan 17939 g/cm^3 .

Silane treatment pada serat kelapa dapat memengaruhi densitas sampel biokomposit yang dihasilkan. Semakin tinggi densitas biokomposit, maka semakin tinggi pula rasio serat terhadap matrik. Rasio serat terhadap matrik yang tinggi akan meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matrik, sehingga meningkatkan kekuatan mekanik biokomposit. Dengan begitu semakin kecil pula rongga-rongga di dalam biokomposit. Rongga-rongga di dalam biokomposit berfungsi sebagai saluran untuk mengalirnya fluida, menurunnya permeabilitas biokomposit, maka akan lebih sulit bagi fluida untuk mengalir di dalam biokomposit (Prasetyo dkk., 2021).

2. *Thickness Swelling* Biokomposit

Terdapat tiga perlakuan sampel yang dilakukan pembentukan biokomposit dan dianalisa *thickness swelling* untuk melihat perubahan stabilitas dimensi biokomposit tersebut. Adapun hasil *thickness swelling* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh *Coupling Agent* Berbagai *Sample* terhadap *Thickness Swelling*

Pada Gambar 3 menunjukkan ketebalan pengembangan pada biokomposit dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *coupling agent* dapat

menurunkan *thickness swelling* biokomposit, dimana *coupling agent* akan meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matrik (Hikmawan dkk., 2022). Ikatan antarmuka yang kuat akan mencegah terjadinya penyerapan air oleh biokomposit. Semakin tinggi kandungan *coupling agent*, maka semakin kuat pula ikatan antarmuka antara serat dan matrik. *Thickness swelling* yang tinggi dapat menyebabkan biokomposit mengalami kerusakan, seperti delaminasi dan penurunan kekuatan (Astuti dan Setiadji, 2022).

SIMPULAN

Biokomposit berpenguat *unsaturated polyester resin* setelah penambahan gugus silane memberikan efek pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisik pada biokomposit tersebut. Pada analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) terdapat gugus fungsi O-H, C-H, C=O, C-O, dan Si-O-Si. *Silane treatment* pada serat kelapa dapat memengaruhi densitas sampel biokomposit yang dihasilkan dan analisa *thickness swelling* menunjukkan kecenderungan meningkatnya ketebalan setelah melalui *treatment* pada biokomposit. Densitas dan *thickness swelling* pada sampel A5-SK1 (serat kelapa dan resin *treated*) lebih tinggi dibandingkan sampel B5-SK0 (serat kelapa dan resin *untreated*) dan sampel B0-SK1 (hanya resin). Rasio serat terhadap matrik yang tinggi akan meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matrik, sehingga meningkatkan kekuatan mekanik biokomposit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala, Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) yang telah memberikan bantuan untuk memungkinkan penelitian ini dapat dilakukan. Serta ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi berharga dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Arsyad, M., dan Abdul, S. (2017). Analisis Pengaruh Konsentrasi Larutan Alkali Terhadap Perubahan Diameter Serat Sabut Kelapa. *Journal INTEK*, 4(1), 10–13.
- Astuti, K. W., dan Setiadji, A. B. (2022). Pengaruh Penambahan Kitosan pada Serat Rami-Serat Nata de coco Sebagai Material Komposit Pengganti Logam Konvensional. *Majalah Teknik Industri*, 29(2), 51–58.
- Brum da Silva, Sandra Maria da Luz, Irulapasamy Siva, Jebas Thangiah Winowlin Jappes, dan Sandro Campos Amico. (2019). Effect of Silane Treatment on the

- Curaua Fibre/Polyester Interface. *Institute of Materials, Minerals and Mining*, 48(4), 160–167.
- Cheng, X., Liu, J., Han, C., Zhang, X., dan Wu, Z. (2023). Silane Coupling Agent Impact on Surface Features of Modification of Basalt Fibers and The Rheological Properties of Basalt Fiber Reinforced Asphalt. *Construction and Building Materials*, 366, 1–15.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2023). *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional*.
- Fikran, Muhammad, B., dan Mardin. (2022). Analisis Sifat Mekanis Bahan Komposit Lamina Serat Sisal (Sisalana Agave) Bermatriks Polimer. *Journal of Technology Process*, 2(1), 1–13.
- Gao, Y., Romero, P., Zhang, H., Huang, M., dan Lai, F. (2019). Unsaturated Polyester Resin Concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 228(2), 1–18.
- Ginting, D., dan Reka, N. F. (2021). Efek Sintesis Silane Coupling Agent Pada Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Serbuk Kenaf. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 6(2), 113–117.
- Haq, M. A., Viktor, N., dan Najmudin, F. (2022). Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Serat Serabut Kelapa Bermatriks Poliester. *ROTOR*, 15(2), 54–57.
- Hartono, I. J. 2018. Kaji Eksperimen Pengaruh Temperatur Tuang dan Waktu Tuang Pada Squeeze Casting Terhadap Densitas dan Kekasaran Permukaan Bahan Baut dan Mur dari Komposit Alumunium 6061-Abu Dasar Batu Bara. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), 1-9.
- Hikmawan, R., Widiastuti, I., dan Wijayanto, D. S. 2022. Analisis Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Kekuatan Tarik dan Penyerapan Air Komposit Polymer Blend Berpenguat Serat Bambu. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 4(2), 106-124.
- Nisa, K. S., Melyna, E., dan Samida, M. R. M. (2022). Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH. *Rekayasa*, 15(3), 354–361.
- Onuoha, C., Onyemaobi, O. O., Anyakwo, C. N., dan Onuegbu, G. C. (2017). Effect Of Filler Loading And Particle Size On The Mechanical Properties Of Periwinkle Shell-Filled Recycled Polypropylene Composites. *American Journal of Engineering Research*, 6(4), 72–79.
- Prasetyo, D., Wijang, W. R., dan Ubaidillah. (2021). Pengaruh Penambahan Coupling Agent terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula dengan Anyaman Serat 3D *Angle Interlock*. *Jurnal Mekanika*, 12(1), 44-52.
- Purwanto, P., Suharso, A. R., dan Kurniawan, F. S. (2021). Analisis Pengaruh Perlakuan Kimia terhadap Morfologi dan Gugus Fungsional Serat Sisal. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 2(1), 22-26.
- Suparjon, Femiana, G., dan Budi, Purnomo. (2023). Identifikasi Jenis Serat dan Matrik Komposit Serat Rami-Epoxy dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) Spektroskopi. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(1), 225-234.
- Umari, Z. F. (2020). Pemanfaatan Limbah Tisu Sebagai Pengisi Polimer Resin dengan Metode Sederhana. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 8(2), 132–136.